

Повреждаемость лесозаготовительных машин в условиях эксплуатации

А.В.Питухин

Петрозаводский государственный университет

Аннотация: Проведен системный анализ видов повреждаемости лесозаготовительных машин и повреждаемости их при эксплуатации. Получено, что существенное влияние на надёжность техники оказывает воздействие механической энергии и тепловой энергии. Механическая энергия воздействует на все узлы и детали в виде статических и динамических нагрузок, что приводит к изнашиванию сопряжений, возникновению и развитию усталостных трещин, пластическому деформированию или квазихрупкому разрушению. Основное внимание в статье уделяется рассмотрению влияния пониженных температур при эксплуатации лесных машин в зимний период на свойства металлов и, следовательно, на уровень их надёжности. Рекомендуется шире использовать такую характеристику материалов как вязкость разрушения для оценки надёжности при проектировании.

Ключевые слова: лесозаготовительная машина, надёжность, повреждаемость, условия эксплуатации, низкая температура, вязкость разрушения.

Эффективность и надёжность технической системы определяется качеством проектирования системы, качеством её изготовления и эксплуатации. По результатам многолетних исследований причин отказов лесозаготовительных машин на базе тракторов ОТЗ, проводимых совместно Карельским НИИ лесной промышленности и Петрозаводским государственным университетом, от 35% до 40% деталей тракторов теряют свою работоспособность вследствие нарушения условий эксплуатации. Изменения, происходящие в любой машине с течением времени и приводящие к исчерпанию ресурса, связаны с внешними и внутренними воздействиями, которым она подвергается [1]. На повреждение, например, лесозаготовительной машины при её эксплуатации существенное влияние оказывает множество факторов: состояние волока, рельеф местности, почва, древостой, климатические условия, квалификация обслуживающего персонала, принятая система технического обслуживания, ремонта и качество их проведения и др. [2]. На лесную машину воздействуют такие основные виды энергии, как механическая, тепловая и химическая.

Механическая энергия воздействует на все узлы и детали в виде статических и динамических нагрузок от взаимодействия с внешней средой. Эти нагрузки являются случайными и приводят к изнашиванию сопряжений, возникновению и развитию усталостных трещин, а нередко и к пластическому деформированию или квазихрупкому разрушению. Существенно, что на эксплуатационную повреждаемость оказывает влияние не только средний уровень нагрузки, но и величина амплитудных составляющих. Наиболее полную информацию о нагруженности несёт такая характеристика процесса, как спектральная плотность. Повреждаемость от эксплуатационных нагрузок должна учитываться при расчётах на долговечность в процессе проектирования.

Тепловая энергия воздействует на лесозаготовительную машину при колебаниях температуры окружающей среды. Кроме того, тепловые потоки от двигателя создают большой перепад температур. При низкой температуре окружающей среды после разогрева масла в трубопроводах гидросистем лесозаготовительных машин так же могут возникать значительные температурные напряжения. Сам уровень температуры весьма существенно влияет на степень накопления повреждений и разрушение от действия механической энергии. Рассмотрим этот вопрос несколько подробнее.

В традиционных инженерных расчётах статической прочности обычно используют такие характеристики как предел текучести и предел прочности при комнатной температуре или предел текучести и предел прочности при заданной температуре t , определяемые при стандартных статических испытаниях на растяжение гладких цилиндрических или плоских образцов. Как следует из экспериментов, с понижением (по отношению к комнатной) температуры сопротивление упругопластическим деформациям и разрушению увеличивается по экспоненциальному или степенному закону [3-5]. С понижением температуры предел текучести увеличивается

интенсивнее, чем предел прочности, так что отношение предела текучести к пределу прочности стремится к единице при снижении температуры до -180 С. При понижении температуры наблюдается повышение и усталостной прочности [4,6]. Напрашивается вывод о том, что техника при отрицательных температурах должна работать надёжнее, чем при положительных. Традиционные расчётно-экспериментальные методы при этом дают большой запас прочности и меньшую вероятность отказа. Общеизвестно, однако, что это не так. Дело в том, что при понижении температуры резко снижаются ударная вязкость и вязкость разрушения. Эти свойства заложены в основу при определении критической температуры хрупкости (ГОСТ 9454-78. Металлы. Метод испытаний на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температуре. М.: Изд-во стандартов, 1982. 11с.). Особенно важно для практических целей изучение влияния температуры на вязкость разрушения, так как эту характеристику можно непосредственно использовать в расчётах [7,8]. Очевидно, что переход от традиционных методов расчёта к методам механики разрушения, где в качестве основной характеристики используется вязкость разрушения, даст физически правильную картину снижения надёжности при понижении температуры. Подробные исследования по влиянию температуры на вязкость разрушения представлены в работе [9].

В работе [10] показано, что температура влияет на вязкость разрушения материала не только непосредственно, но и косвенно, через температурную зависимость предела текучести. При низких температурах материал имеет более высокий предел текучести и в детали в вершине трещины образуется зона пластичности меньших размеров. Напряжённо-деформированное состояние в этом случае будет ближе к плоско-деформированному с соответствующим более низким значением вязкости разрушения.

В лесном машиностроении применение предлагаемых методов целесообразно ещё и по следующим обстоятельствам:

1. Наиболее интенсивное время лесозаготовок приходится на зимний период.
2. Применение никелесодержащих сталей, имеющих низкую критическую температуру хрупкости, в лесном машиностроении ограничено.
3. Основные районы лесозаготовок (Северо-Запад, Север, Урал, Сибирь) характеризуется низкими зимними температурами.

Представленный подход вполне согласуется с рассмотренными в работе [11] путями развития лесного машиностроения в Российской Федерации

Литература

1. Проников А.С. Надёжность машин. М.: Машиностроение, 1978. 592с.
 2. Галактионов О.Н., Кузнецов А.В. Исследование взаимосвязи технологической проходимости лесозаготовительных машин с параметрами лесной среды // Инженерный вестник Дона, 2012, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1145.
 3. Мороз Л.С. Механика и физика деформаций и разрушения материалов. Л.: Машиностроение, 1984. 224с.
 4. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. М.: Машиностроение, 1974. 838с.
 5. Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. Расчёты деталей машин на прочность и долговечность. М.: Машиностроение, 1986. 224с.
 6. Трощенко В.Т. Деформирование и разрушение металлов при многоцикловом нагружении. Киев: Наук. Думка, 1981. 344с.
 7. Irwin G.R. Fracture dynamics // Fracturing of metals. FSM. Cleveland, 1948. pp. 147-166.
-



8. Pitukhin A.V. Fracture Mechanics and Optimal Design // International Journal for Numerical Methods in Engineering, 1992. V.34. pp. 933-940.
9. Романив О.Н. Вязкость разрушения конструкционных сталей. М.: Металлургия, 1979. 176 с.
10. Broek D. Elementary Engineering Fracture Mechanics. Leyden: Noordhoff International Publishing. 1974. 408p.
11. Шегельман И.Р., Скрыпник В.И., Кузнецов А.В., Васильев А.С. Тенденции развития современного российского лесного машиностроения // Инженерный вестник Дона, 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3561.

References

1. Pronikov A.S. Nadyozhnost' mashin. [Machine reliability]. М.: Mashinostroenie, 1978. 592s.
 2. Galaktionov O.N., Kuznecov A.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1145.
 3. Moroz L.S. Mekhanika i fizika deformacij i razrusheniya materialov. [Mechanics and physics of deformation and fracture of materials]. L.: Mashinostroenie, 1984. 224p.
 4. Fridman YA.B. Mekhanicheskie svojstva metallov. [Mechanical properties of metals] М.: Mashinostroenie, 1974. 838p.
 5. Kogaev V.P., Mahutov N.A., Gusenkov A.P. Raschyoty detalej mashin na prochnost' i dolgovechnost'. [Calculation of machine parts for strength and durability]. М.: Mashinostroenie, 1986. 224p.
 6. Troshchenko V.T. Deformirovanie i razrushenie metallov pri mnogociklovom nagruzhении. [Deformation and destruction of metals under multi-cycle loading]. Kiev: Nauk. Dumka, 1981. 344p.
 7. Irwin G.R. Fracture dynamics. Fracturing of metals. FSM. Cleveland, 1948. pp. 147-166.
-



8. Pitukhin A.V. Fracture Mechanics and Optimal Design. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 1992. V.34. pp. 933-940.
9. Romaniv O.N. Vyazkost' razrusheniya konstrukcionnyh stalej. [Fracture toughness of structural steels]. M.: Metallurgiya, 1979. 176 p.
10. Broek D. Elementary Engineering Fracture Mechanics. Leyden: Noordhoff International Publishing. 1974. 408p.
11. Shegel'man I.R., Skrypnik V.I., Kuznecov A.V., Vasil'ev A.S. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3561.